

# آلودگی هوا در ارتباط با منابع انرژی و توسعه صنعتی

دکتر بهزاد صمیمی

مقدمه :

از نقطه نظر علمی هر شرایطی که سبب بروز تغییراتی در ترکیب طبیعی هوا و یا خواص فیزیکی و یا شیمیائی آن گردد ، بطوریکه این تغییرات قابل تشخیص و اندازه گیری باشد . بعنوان عاملی در ایجاد و یا دگرگونی در آلودگی هوا تلقی می شود ولی آنچه معمول است اینست که فقط عناصر و ترکیباتی در هوا بعنوان آلوده کننده بحساب آورده می شوند که اولاً با غلظت قابل توجهی در هوا وجود داشته و ثانیاً مسبب ایجاد اثرات سوء مشخصی بر روی انسان - حیوانات - نباتات و یا اشیاء باشند . آلوده کننده های هوا می توانند شامل هر نوع ماده ای اعم از طبیعی و یا مصنوع دست بشر باشند - این مواد ممکن است بصورت گازها ، ذرات مواد جامد - ذرات بسیار ریز مایعات و یا مخلوطی از آنها باشد .



## تاریخچه :

عوض نتیجه سوئی که به همراه داشت آلودگی شدید هوا بود . بعنوان نمونه در اواسط قرن هفدهم یعنی در زمان سلطنت چارلز دوم شهر لندن از شدت دود زغال سنگ مانند يك شهر طاعون زده بود .

از ابتدای قرن چهاردهم تا ابتدای قرن بیستم منبع اصلی آلوده کننده هوا تنها دود و گازهای ناشی از سوخت زغال سنگ بود که هنوز هم در بسیاری از صنایع دنیا سرچشمه اصلی آلوده کننده هوا بشمار می رود . با وجود کشف و ابداع روش‌هایی جهت کنترل دود توجهی از طرف عامه و مقامات کشوری به اینکار مبذول نشد و در حقیقت اقدامات چندان مؤثری برای جلوگیری از آلودگی هوا انجام نشد مگر بعد از آنکه سوانح متعددی در چند منطقه دنیا در اثر آلودگی هوا بوقوع پیوست ، زیرا ما انسانها اغلب سد را پس از وقوع طغیان سیل و تلفات و خرابی ناشی از آن می‌سازیم ، و کنترل آلودگی آبها را عموماً بعد از بروز اپیدمی های وبا یا حصبه شروع می‌کنیم . در مورد کنترل آلودگی هوا نیز چنین بود ، چنانچه رویدادهای تراژدیک لندن در سالهای ۱۸۳۷ و ۱۹۵۲ گلاسکو در سال ۱۹۰۹ ، دونورای پنسیلوانیا در سال ۱۹۶۸ ، لوس آنجلس در سال ۱۹۶۵ و اتفاقات متعدد دیگر در نقاط مختلف دنیا که منجر بمرگ و بیماری هزاران نفر در نتیجه آلودگی شدید هوا گردید شواهدی براین گفته می‌باشد .

دود و گازهای ناشی از سوخت زغال سنگ بطوریکه ذکر گردید آلوده کننده‌های اصلی هوا در مناطق صنعتی دنیا در طی ۴۰۰ سال اخیر بوده‌اند و با وجود تعویض سریع سوخت از زغال سنگ به سوختهای نفتی و گاز طبیعی در اوائل قرن بیستم دود زغال سنگ هنوز بزرگترین منبع آلوده کننده هوا در بعضی مناطق شهری و صنعتی می‌باشد .

### سوختهای فسیلی و نقش آن در آلودگی هوا :

ممکن است تاریخ نویسان آینده دوره‌ای را که از اکتشاف اولین چاه نفت بوسیله Drake در پنسیلوانیا شروع شد بعنوان عصر دوم انقلاب صنعتی بشمار آورند . بعد از آنسال نه تنها استفاده از سوختهای فسیلی مانند محصولات متعدد نفتی و گاز طبیعی جانشین سوختهای قبلی در مصارف خانگی و صنعتی گردید بلکه نفت امکان ایجاد وازدیاد سریع وسائل متعدد حمل و نقل و همچنین تهیه محصولات متعدد پتروشیمی را نیز فراهم نمود . در ایالات متحده امریکا و بسیاری مناطق دیگر دنیا مصرف محصولات نفتی بصورت بنزین اتومبیل و نفت گاز و غیره بطور سریعی بالاخص بعد از جنگ جهانی دوم افزایش یافت و این بیشتر بعلت افزایش سریع انواع متعدد موتور های نفت سوز در

کیفیت هوای جوی که حیات موجودات خاکی بآن بستگی دارد تنها در چند دهه اخیر بعنوان يك عامل مهم وحیاتی برای بقای نسل بشر شناخته شده است . در حالیکه در تاریخ زندگی انسان وحتى قبل از تشکیل اجتماعات بشری دود و بخارات ناشی از حریق جنگل‌ها - آتش‌نشان‌ها و سوخت‌های خانگی گاهی بطور کشیده و اغلب بصورت مزاحم و آزار دهنده خودنمایی می‌کرده‌است .

نویسندگان متعددی در نوشتجات خود به ساختمانها و اینیه تاریخی سیاه شده از دود اشاره و آنرا بعنوان شواهدی از وجود آلودگی هوا بخصوص وجود مزاحمت دود از هزاران سال پیش در اجتماعات انسانی آورده‌اند ولی البته شواهدی از اینکه این آلودگی چه اثراتی بر روی اجتماعات آنزمان داشته است در دست نیست .

تا آنجائی که اطلاع داریم در طول سیزده تا چهارده قرن بعد از میلاد مسیح تنها منابع آلوده کننده هوا عبارت از منابع سوخت خانگی و صنایع فلزی ابتدائی و سایر صنایع محدودی بوده است که نشان می‌دهد در اجتماعات انسانی آنزمان که بصورت روستاها و شهرهای کوچک بوده‌اند آلودگی هوا بمعنای امروزه و بصورت يك مشکل اساسی جلب توجه نموده‌است .

در طی دورانهای اولیه تاریخ بشر چوب اصلی‌ترین ماده تهیه انرژی بوده است . با مصرف فراوان چوب و کمبود آن در نواحی اطراف مناطق مسکونی خواه ناخواه مقدار مصرف آن برای سوخت خانگی و صنایع کوچک آنزمان کاهش یافته‌است . کشف منابع زغال سنگ و شروع استفاده از آن در اروپا مقارن با زمانی بود که مارکوپولو از سفر چین که در آن زمان متمدن ترین کشور کره خاک بود مراجعت نمود . اما با وجود محسنات زغال سنگ از نظر تهیه گرما و انرژی ، استقبال از مصرف آن در اروپا به کندی پیش رفت و این بخاطر مقاومتی بود که مردم بر علیه مصرف آن می‌نمودند . این مقاومت بیشتر بدلیل دود مزاحم ناشی از سوخت آن بود که بطور واضحی سبب آلودگی هوا می‌شد .

در انگلستان ، آلمان و کشور های دیگر اروپا ابتدا مقررات و محدودیت‌های متعددی برای مصرف ، واردات و حمل و نقل زغال سنگ قائل شدند و جرائم سختی برای تخلف از این مقررات وضع نمودند . با وجود این مخالفت‌ها بدلیل وجود احتیاج مبرم و تقاضای روزافزون برای تامین سوخت مصارف خانگی و صنایع سبب گردید که این مقررات یکی پس از دیگری لغو گردد و استفاده از زغال سنگ با سرعت روز افزونی توسعه یابد . زغال سنگ تحول صنعتی را در اروپا ممکن نمود ولی در

جاده‌ها - راه آهن و در دریاها بوده است .

### نقش صنایع در آلودگی هوا :

علاوه بر آلودگی هائی که از طریق احتراق سوخت بمنظور تهیه انرژی برای گرداندن صنایع بهوا وارد می‌شود مواد زائد و احیانا سمی تخلیه شده بهوا بوسیله صنایع مختلف بنوبه خود سهم بزرگی در افزایش آلودگی هوای اجتماعات بخصوص در مراکز صنعتی دارد .

در کشور های در حال توسعه صنعتی بخصوص بایستی برای این مسأله اهمیت خاص قائل شد تا اشتباهاتی که در گذشته بعلت ندانم کاری‌ها و فقدان برنامه‌ریزی صحیح سبب بروز اتفاقات ناگوار ناشی از آلودگی شدید هوا در مناطق صنعتی در نقاط مختلف دنیا گردیده ، در کشور ما تکرار نشود . مواد سمی که بوسیله صنایع مختلف بهوا ریخته می‌شوند بسیار متعدد و گوناگون است و روز بروز با ورود مواد شیمیائی جدید به صنعت تعداد و انواع این مواد رو با افزایش است . اثر سمیت بسیاری از این ترکیبات بر روی سلامت انسان و موجودات زنده دیگر تا بحال معلوم و مشخص شده ولی در مورد بسیاری از آنها نیز بخصوص ترکیبات جدید اطلاع دقیقی در دست نیست . کنفرانس متخصصین دولتی بهداشت صنعتی امریکا برای غلظت اکثریت این مواد آلوده کننده در هوای محیط صنایع حدودی تعیین نموده که با حروف اختصاری TLV (Threshold Limit Values) ذکر می‌گردد ولی این ارقام مربوط به محیط داخل محوطه کارگاههای صنعتی بوده و با توجه به تماس کارگران ، این مواد بمدت ۸ ساعت کار تعیین گردیده است ، در حالیکه این استانداردها برای محیط خارج در صنایع و مردمی که در این اجتماعات زندگی می‌کنند تدوین نشده ، معذالك نشان دهنده آنست که تخلیه این مواد سمی و خطرناک به هوای خارج خطری برای اجتماع اطراف صنایع بشمار می‌رود . یکی از اتفاقاتی را که می‌توان در اینمورد ذکر نمود واقعه اخیر شهر بوزاریکا در نزدیک مکزیکوسیتی است که در نتیجه تخلیه گاز هیدروژن سولفور بهوا بوسیله یکی از کارخانجات تعدادی از مردم تلف و یابیمار شدند .

تخلیه مواد سمی و زیان آور بهوا بوسیله صنایع مختلف کمتر مانند مورد فوق و بدلیل ایجاد تلفات و بیماریهای آبی و مشخص جلب توجه می‌کند ، زیرا اغلب آلوده کننده‌ها مانند بخارات انواع فلزات - ذرات ریز مواد جامد و یا مایع اسیدی و قلیائی و حتی سموم سیستماتیک مانند سرب و نظائر آن که بوسیله صنایع بهوا تخلیه می‌شوند بدلیل غلظت کم در هوا در اغلب مواد و اثرات سوء فوری و مشخص از خود نشان نمی‌دهند، بلکه وجود این مواد در هوا و در مدت تماس طولانی سبب می‌گردد که در نتیجه اثرات دائمی تدریجی یا تراکم این سموم

نتیجه حاصل از سوخت محصولات نفتی و جانشینی سریع آن بجای زغال سنگ ظاهرا سبب رفع مزاحمت از جانب دود قابل رؤیت و مزاحم ناشی از احتراق زغال سنگ گردید ، ولی در حقیقت مسبب ورود تعدادی آلوده کننده‌های جدید بهوا و همچنین ایجاد يك سری ترکیبات ثانویه زیان آور دیگر در هوا گردیده است .

سهم دود اگزاتومبیل‌ها در ایجاد آلودگی در هوای شهرها و مشکلی که از این نظر در مراکز پرجمعیت ایجاد گردیده خود شاهدهی از اثرات سوء سوخت بی حساب محصولات نفتی در اجتماعات می‌باشد . نکته قابل توجه در اینمورد آنست که مواد آلوده کننده‌ای که از طریق دود اگزات و وسائط نقلیه بنزینی و دیزلی و سایر موتورهای احتراقی بهوا ریخته می‌شود نه تنها خود کم و بیش دارای اثرات زیان آوری بر سلامت انسان و سایر موجودات محیط می‌باشد بلکه محصولات ثانویه‌ای که در تحت اثر اشعه ماوراء بنفش آفتاب و واکنش‌های فتوشیمیائی روی این ترکیبات ( مانند بخارات هیدروکربن و اکسیدهای ازت ) و عناصر طبیعی موجود در هوا ( مانند اکسیژن و ازت ) ایجاد می‌شوند بمراتب زیان آورتر از آلوده کننده‌های اولیه حتی در غلظت‌های بسیار کم می‌باشند . انواع این آلوده کننده‌های ثانویه نیز بسته به شرایط مختلف از قبیل غلظت آلوده کننده‌های اولیه در هوا به رطوبت ، حرارت و شدت تابش خورشید و پاره‌ای عوامل دیگر بسیار متعدد است . باین ترتیب نتیجه تخلیه آلودگی های ناشی از سوخت و ریخت و پاش مواد نفتی و فعل و انفعالات فتوشیمیائی در هوا بر روی آنها ایجاد ترکیبات زیان آوری مانند اکسیدهای آلی - پراسیدها - هیدروکی پراسیدها - ترکیبات حاوی ازت نظیر پرمروکی اسیل نیترات (PAN) فرم دلدئید - اوزون - انواع هیدروکربن‌های آلی و یک سری ترکیبات ناپایدار بینابینی با انرژی و رادیکال آزاد می‌باشد که این ترکیبات جزو مهمترین و زیان آورترین آلوده کننده‌های هوا بشمار می‌آیند و اغلب آنها بخاطر میل ترکیبی شدیدشان بر روی نسوج دستگاه تنفس انسان و حیوانات و قسمتهای مختلف گیاهان اثرات زیان آوری را اعمال می‌نمایند . تعداد این ترکیبات بخصوص هیدروکربن‌های موجود در هوا بقدری زیاد است که امکان تشخیص و جدا کردن کلیه آنها و بررسی اثرات هریک بطور جداگانه بسیار مشکل و با تکنولوژی موجود عملا ممکن نیست . ریخت و پاش سوخته‌های نفتی ، فرار گاز طبیعی ، تبخیر حلال‌ها و اکسیداسیون ناقص و فرار سوخته‌های نفتی در موتورهای احتراقی سبب اصلی ورود هیدروکربن‌ها بهوا می‌باشد .

در بدن در صورتی که در اطراف صنایع و یا حتی در فواصل دورتر ولی در مسیر دائم حرکت آلودگی‌ها بوسیله جریانات جوی هستند دچار عوارض و مسمومیت های مزمن ناشی از استنشاق این مواد زیان آور گردند و سلامت آنان بطور جدی در معرض مخاطره قرار گیرد، علاوه بر به خطر انداختن سلامت انسان بسیاری از این آلوده کننده‌ها تا بحال مسبب زیانهای اقتصادی فراوان از طریق معدوم نمودن نباتات کشاورزی - مراتع - دامها و ایجاد خوردگی و صدمه به ساختمانها و اشیاء مختلف دیگر نیز گردیده‌اند .

شکی نیست که بسیاری از آلوده کننده‌های دیگر نیز نظیر گرد و بخارهای ناشی از کارخانجات سیمان - آسبستوس ( پنبه نسوز ) و غیره بوی نامطبوع ناشی از ترکیبات گوگردی نظیر مرگاپتان ، در صنایعی نظیر کارخانجات کاغذ و مقواسبازی از نظر اجتماعی که مبتلا به آن هستند شایان اهمیت فراوان است. در جستجوی راه حل :

تفکیک منابع آلوده کننده هوا از یکدیگر یعنی نقش هر کدام مواد آلوده کننده هوای اجتماعات کمک مؤثری به یافتن راههای کنترل آلودگی و بهبود کیفیت هوای محیط زیست خواهد نمود .

در مورد رفع مشکل آلودگی ایجاد شده از طریق صنایع مسلم است که با برنامه ریزی صحیح بایستی محل صنایع جدید را حتی المقدور دور از مناطق مسکونی تعیین کرده و محل استقرار آنها با توجه به موقعیت جغرافیائی و الگوی هواشناسی منطقه تعیین گردد . در مورد صنایع موجود نیز چنانچه آنها در آلوده نمودن هوای محیط قابل توجه بوده و خطر از جانب آنها اجتماعات اطراف را تهدید می کند بایستی انتقال آنها به محل های تعیین شده در خارج از منطقه مسکونی و بادادن مهلت زمانی مناسب به صاحبان صنایع با توجه به بنیه اقتصادی آنها و امکانات دیگر عملی گردد . علاوه بر این اقدام هریک از صنایع بایستی بررسی دقیق در مورد تعیین نوع و غلظت ترکیبات زائدی که بهوا تخلیه می نمایند انجام و نسبت به نصب دستگاههای تصفیه جدا کننده آلوده کننده‌ها از گاز دودکش های خروجی اقدام قاطع بعمل آید .

در اجتماعاتی که سوختن زباله و سایر مواد جامد زائد معمول سبب افزایش آلودگی های هواست می توان با تغییر روش دفع، انتخاب یکی دیگر از روشهای بهداشتی این مشکل را برطرف نمود .

و اما مواد آلوده کننده ای که در نتیجه احتراق سوخت های مختلف و بمنظور تأمین انرژی برای حمل و نقل ، مصارف خانگی ، صنایع و غیره ایجاد می گردد در حقیقت عامل اصلی

آلوده کننده هوا بخصوص در شهرهای مدرن و پر جمعیت می باشد. افزایش روز افزون مصرف سوخت های فسیلی در دنیا بمنظور تهیه انرژی نه تنها سبب افزایش غلظت سوختی حتی آلوده کننده‌ها در هوا و ایجاد مشکلات روز افزونی در آلودگی هوای اجتماعات می گردد بلکه بطور جهانی نیز تأثیراتی بر غلظت دائمی بعضی از گازهای موجود در جو می گذارد ، بعنوان مثال غلظت گاز انیدرید کربنیک در هوای جو با افزایش مصرف ساختمان های فسیلی از ابتدای قرن بیستم رو به افزایش گذارده است . که این رقم بر طبق مشاهدات موجود سالیانه ۳۷ . قسمت در میلیون ( PPM ) می باشد . گاز انیدرید کربنیک بعنوان يك گاز آلوده کننده هوا شناخته نمی شود، زیرا فقط اختلالات فیزیولوژیکی آن روی بدن در غلظت های خیلی بالا ظاهر می گردد . با اینکه این گاز در طبیعت در بسیاری از مکانیسم های بیولوژیکی و ژئوشیمیائی بمقدار زیادی دوباره بمصرف می رسد ، معذالك بنظر می رسد این افزایش ظاهرا بدلیل بهم خوردن تعادل بین نسبت تولید این گاز و میزان مصرف آن در طبیعت می باشد که دلیل آن نمی تواند چیزی جز افزایش مصرف سوخت های فسیلی بوسیله انسان بوده باشد . این امکان وجود دارد که با ادامه افزایش مصرف اینگونه سوختها در طی چند نسل آینده این گاز نیز مانند مازاد مواد رادیواکتیو بصورت يك آلوده کننده جهانی تلقی گردد .

بنابراین یکی از راههای اصلی ایجاد تغییر در کیفیت آلودگی هوای يك شهر تغییر منابع تولید انرژی خواهد بود . بسیار جالب توجه خواهد بود اگر بتوانیم تخمین بزنیم که در صورتیکه تهیه انرژی از منابع دیگری مانند انرژی اتمی یا استفاده مستقیم از نور آفتاب بصورت عملی وبا صرفه از نظر اقتصادی درآید ، چه تغییراتی در کیفیت هوای شهرهایمان پدید خواهد آمد .

در مورد استفاده از انرژی اتمی یکی از نگرانی های اساسی عبارت از آلودگی محیط زیست به مواد زائد رادیواکتیو حاصل از سوخت های اتمی است. خوشبختانه با کوشش ها و تحقیقات فراوانی که در این راه می شود می توان امیدوار بود که روزی این نگرانی بهیچوجه وجود نداشته باشد و مراکز تهیه نیروی هسته ای بنحوی ساخته شوند و دفع مواد زائد نیز بترتیبی انجام گردد که هیچگونه خطری از این نظر اجتماعات انسانی را تهدید ننماید .

هر نوع تغییری در تعویض منابع تهیه انرژی از سوخت های فسیلی به انرژی هسته ای یا خورشیدی سبب خواهد شد که تعادل سیاره ای گاز انیدرید کربنیک را نیز مجددا تأمین نماید . در اینمورد بسیار هیجان انگیز است وقتی بمنابع بی پایان انرژی

1. Stern, A. C. "Air pollution", vols. I & II, Academic Press Inc. 1968.
2. Hagggen-Smit, A. J. and Latham, T. W. Clean Air Quart. 8, 8. (1964).
3. Kuiper, ed., "The Atmosphere of the Earth and Planets." 2nd. ed., Univ. of Chicago Press, Chicago, Illinois 1952.
4. "Motor Vehicles, Air Pollution and Health", House Doc. No. 489, U.S. Dept. of Health Education and Welfare, 1962.
5. Eisenbud, M. : "Environmental Radioactive". McGraw Hill. New York. 1963.
6. Singer, S. F. Ed. "Global Effects of Environmental Pollution". New York. Reidel, Dordrecht, 1970.
7. Stern, A. C. Wohlers, H. C. Boubel, R. W. and Lowry, W. P. : "Fundamentals of Air Pollution", Academic Press, Inc. 1973.

خورشیدی و همچنین سوخته‌های هسته‌ای و سایر منابع سوختی که تولید آلودگی نمی‌کند بیندیشیم. اگر این منابع بتوانند روزی جانشین منابع سوخت زمان حاضر بشوند مشکل آلودگی هوا در اجتماعات بنحو قابل توجهی کاهش یافته و تنها بصورت کم و بیش یک مسأله محلی در اطراف بعضی صنایع و منابع آلودگی باقی خواهد ماند.

با وجود تاریخچه طولانی ایجاد آلودگی هوا در اجتماعات بشری و اهمیت آن در عصر حاضر بیشتر لازم است که بآن بعنوان یک مشکل آینده نیز نظر دوخت. در حال حاضر تنها در چند منطقه پرجمعیت دنیا میزان مصرف منابع هوا سریع‌تر از میزان جایگزینی و بهبود آن بوسیله اعمال طبیعی است، این مصرف بیش از اندازه هوا، سبب می‌گردد که غلظت آلوده کننده‌ها با افزایش جمعیت افزایش یابد. از آنجائیکه حجم منابع هوا در کره ارض نسبت بمقدار مصرف روزانه آن بسیار و بینهایت است، تا بحال ایجاد آلودگی شدید در هوا و بروز ناراحتی و بیماری بیشتر منحصر به مراکز تراکم و پرجمعیت ویا نواحی نزدیک ویا مجاورت منابع آلوده کننده بوده‌است ولی همچنانکه جمعیت مناطق شهری و بالتیجه دنیا افزایش می‌یابد ممکن است روزی بیاید که فعالیت انسان کیفیت هوای تمام کره ارض را در معرض مخاطره قرار دهد. از یک دیددنیائی تاکنون، ابرهای ایجاد شده از انفجار بمب‌های اتمی و سایر سلاح‌های هسته‌ای از یک طرف و ریختن مقادیر زیاد گاز انیدرید کربنیک به هوا در نتیجه مصرف فراوان سوخته‌های فسیلی از طرف دیگر می‌تواند نشان بارزی از میزان تأثیرات فعالیت انسان در آلوده کردن هوای جو باشد.

خطر آلودگی هوا همراه با سایر مسائل بهداشت عمومی تا زمانیکه جمعیت نسل بشر در حال تزايد باشد و کنترل صحیحی بر میزان زاد و ولد انجام نشود روز بروز جدی‌تر خواهد شد، بعنوان مثال تخمین زده شده است که هزینه کنترل و جلوگیری از آلودگی هوا و تامین کیفیت هوا با تزايد جمعیت به نسبت تصاعد توانی (Exponential) افزایش خواهد یافت مگر اینکه اقدامات اساسی و مؤثری برای کنترل جمعیت بمرحله اجرا درآید. این موضوع حتی بدون در نظر گرفتن سرعت جانشین شدن انرژی هسته‌ای و انرژی خورشیدی بجای سوخته‌های فسیلی واقعیت خواهد داشت بخصوص با توجه باینکه جانشین شدن این منابع جدید انرژی متأسفانه با سرعت دلخواهی پیش نمی‌رود، بنابراین بایستی انتظار داشت که تا چند نسل آینده شرایط نامطلوبی ببار آید که تحمل آن بسیار مشکل و بهبود وضع و چاره آن نیز از نظر اقتصادی غیر ممکن باشد.

